

En god mikroalge er en stresset mikroalge

Hvad er mikroalger?

Alger er ikke en ældre, næret grøppe af forskellige organismer. Af rent praktiske hensyn deler vi algerne op, baseret på deres størrelse, i makroalger og mikroalger. Makro betyder stor og makroalger er altså store alger, det vi også kalder tang. De er ikke fokus for denne historie. Det er derimod mikroalger, dvs. de små alger, da mikro betyder lille. Mikroalger kan deles op som mikroskopiske organismer, som laver fotosyntese, og som lever i vand. Den definition er der mange forskellige arter fra flere forskellige organismegrupper, der lever op til.

Figuren viser en del af livets træ, som illustrerer, hvordan alle organismegrupperne er beslægtet. Der findes mikroalger i de 5 grupper, der er markeret med en stjerne. De er meget forskellige. Man kan se, at et menneske (der er tilføjet beslægtet med en champignon (svampe) end to mikroalger fra hhv. Chlorophyta og Chromaleolata. Den store forskellighed inden for mikroalgerne er en vigtig pointe, da de forskellige grupper af or-

ganismer har forskellig biokemi. Mikroalger indeholder derfor potentielt mange forskellige stoffer, som kan have værdi for os som f.eks. lægemidler eller kosttilskud. Vi regner med, at der findes mindst 75.000 forskellige arter af mikroalger, og arbejdet med at kortlægge deres indhold af forskellige stoffer (bioprospecting) er et lignende begreb.

Anvendelse af mikroalger

Praktisk anvendelse af mikroalger er ikke noget nyt. Allerede i middelalderen benyttede bønder i Kina og Japan de kølstofkulerende cyanobakterier som gødning, og det drøede dem i de såkaldte rismarker sammen med ris. I senere tid, og i en mere industriel sammenhæng, blev man i 1970'erne bekymret for, om ikke den dårlige behovet for protein til den voksende befolkning på jorden led til afkonventionelt landbrug, og man begyndte derfor at undersøge muligheden for at producere proteinrig mikroalgebiomasse. Siden da er der blevet arbejdet med, og arbejdet stadig med at producere

Forsker i mikroalger:



Praveen Ramasamy
adjunkt i miljøbiologi,
Roskilde Universitet

Forsker i brug af algebiomasse til mad og foder - men også til biobrændstof, lægemidler og spildevandsrensning.

Udarbejdet af:

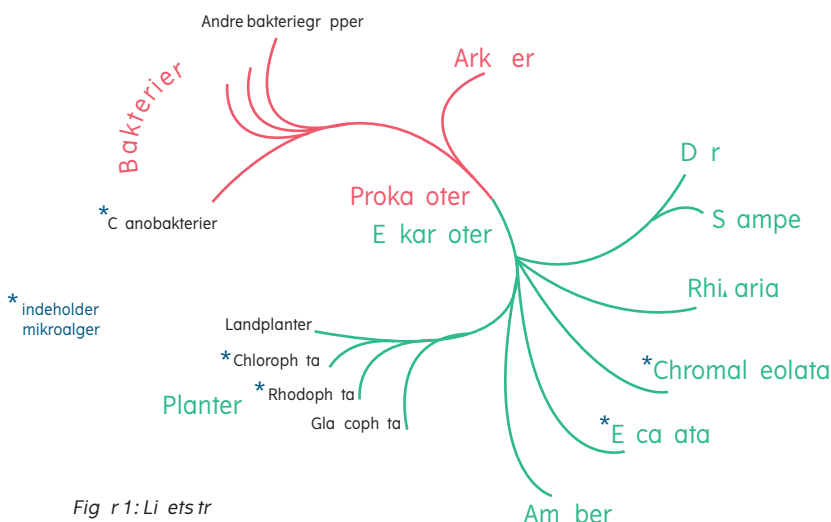
Søren Laurentius Nielsen, ph.d.
for Roskilde Universitet

Til denne artikel og om samme emne har en vejledning, et opgavesæt, en SRP/SOP-vejledning, et appendiks, et oplæg og en karriereprofil. Se ruc.dk/undervisningspakke-mikroalger

Muligheder: Elever i 2.G og 3.G i fagene Biologi og Bioteknologi.

Se vejledning og læs mere om forskning i miljøbiologi på ruc.dk/undervisningspakke-mikroalger

Læs mere om dine karrieremuligheder inden for biologi ved at se vejledningen om Jonas, en RUC-kandidat, der nu arbejder med at udvikle nye metoder til at forbedre økosystemer. Kontakt: ruc.dk/karriereprofil-jonas-hoejgaard



Figur 1: Livets træ





Figur 2: Produktion af mikroalger med forskellige teknikker. Yderst til højre og venstre to forskellige fotobioreaktorer, i midten en race a pond.

forskellige ting fra mikroalgebiomasse, alt lige fra biodiesel og bioplast, til føde, kosttilskud, indholdsstoffer til kosmetik og til lægemidler. Lige nu er situationen dog den, at der ikke produceres ret mange ting i stor skala baseret på mikroalger. Den største kommercielle produktion af mikroalgebiomasse er til kosttilskud som Chlorella og Spirulina, der kan købes i alle helsekostforretninger.

Produktion af mikroalger

Hvorfor er produktion af mikroalgebiomasse så ikke mere udbredt? Svaret findes i produktionsomkostningerne. Den billigste måde at producere mikroalger på er i bandede damme (se figur 2 i midten). De er dog ikke særligt effektive og kan højst opnå produktion på 25 gram biomasse per kvadratmeter pr. dag. Samtidig er de ufordi de er bandede ekstremt sårbare over for kontaminering med uønskede bakterier, virs og ooplankton og også derfor forfordampning.

En mere effektiv måde at producere alger på er de såkaldte fotobioreaktorer, som oftest har form af stativer med lange rør af gennemsigtigt glas eller plastik, hvor algerne cirkulerer (se figur 2 til højre og venstre). En fotobioreaktor er helt lukket og derfor beskyttet mod kontaminering, så det er den produktionsform, som man vil gå til for produktion af lægemidler. Samtidig er den mere effektiv end en bandede dam og kan opnå en produktion på 1,5 kg biomasse per kvadratmeter per dag, altså i omegnen af 60 gange mere end i en race a pond. Den er dog særligt dyrere at bygge og drive end en bandede dam.

Lys er den begrænsende faktor

Forskellen i effektivitet mellem bandede damme og fotobioreaktorer skyldes netop den faktor som er ordnet set begrænsende effektiviteten af produktion af mikroalgebiomasse: Lys. Mikroalgerne skal bruge lys til deres fotosyntese, men samtidigt skygger algerne mere og mere for hinanden, jo flere alger der kommer. I en

bandede dam skal der være en afstand (normalt 20-40 cm), for at vandet kan pumpe rundt, og dammen ikke tørrer for hurtigt ud. Men det betyder en lav effektivitet, da algerne i toppen skygger for algerne nedebunden. I en fotobioreaktor bruges ofte rør med en diameter (og afstand) på blot 6 cm. Samtidigt kan fotobioreaktoren belystes fra alle sider og ikke køn oppefra, ligesom mikroalgerne blandes mere effektivt rundt end i en dam. Men selv her kan algerne til sidst skygge for hinanden.

Disse forhold betyder altså en begrænsning for, hvor effektiv produktionen af mikroalgebiomasse kan blive (altså hvor mange kg biomasse man kan producere pr. areal pr. dag), og dermed også hvorfor billig produktion baseret på mikroalger kan blive. Figur 3 viser en såkaldt rørdampning,

Lysdæmpning i en vandsøjle
 $I_z = I_0 e^{-kz}$

I_0 : Lysintensiteten i overfladen, I_z : Lysintensiteten i dybden z ,
 k : Lysabsorptionskoefficienten, som afhænger af tykkelsen af mikroalger

som ill strerer forholdet mellem m ngde og rdi. Den iser, at ting, der k n kan prod ceres i sm m ngder og alts ers re af fat p bli er dre, mens ting, der kan prod ceres i store m ngder bli er billige. F er biodiesel noget, der skal k nne prod ceres i store m ngder til en la pris, h is det skal konk rre med prisen p fossilt br ndstof, og det har hidtil des rre ikke ret m ligt ed hj lp af mikroalger, sel om alt det tekniske i processen er elkendt. Derfor er der for mikroalger et st rre fok s p prod ktion af prod kter h jere oppe i p ramiden; fra foder til l gemidler.

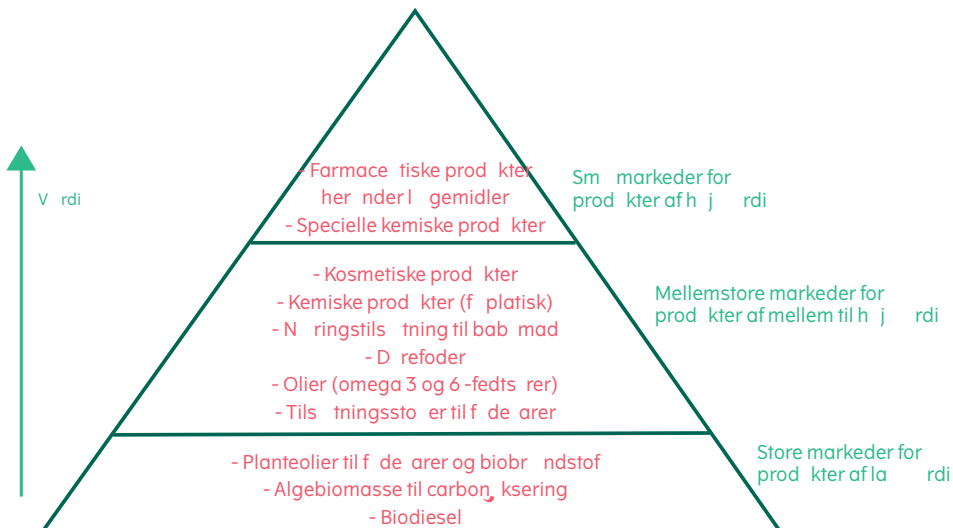


Fig r 3: V rdip ramide

Optimering af produktion

Da l salts s tter den re gr nse for prod ktion af biomasse, er der la et meget forskning og d iklng for i stedet at ge koncentrationen af de nskede sto er i biomassen. Det kan g res p f lgende tre m der:

1. Genmanip lation: Her arbejdes bl.a. med at ge algerne prod ktion af d lgte sto er gennem genmanip lation. Det kan dog lede til de samme problemer i forhold til af tilladelse til storskala prod ktion og i forhold til forbr gertillid - pr cis ligesom ed an endelse af genmanip lation i andre former for biologisk prod ktion. Des den er genmanip lation af prokar oter sentligt lettere end e kar oter, og her er det en fordel, at der, ndes mikroalger blandt c ano-bakterierne, som er prokar oter.
2. A l eller idenskabeligt sagt forced selection . Her ndrer man algens genot pe ad nat rlig ej ed at d s tte en r kke forskellige stammer af den samme algart for et selektionstr ki form af nogle bestemte kstbetingelser. Derefter d lger man de stammer, der okser bedst og prod cerer mest af det nskede stof nder de p g ldende betingelser, og arbejder s idere med dem. Dette er stort set det samme, som i gennem rt sinder har gjort med ore afgr der

og h sd r. Forskellen er, at mikroalger har generationstider p ca. et d gn, s arbejdet g r meget h rtigt sammenlignet med f kornsorter der har generationstider p et r.

3. F not pisk manipulation. Her dn tter man den s kaldte f not piske plasticitet hos mikroalgerne, alts det forhold at algerne opf rer sig forskelligt nder forskellige kstforhold. Man, nder gennem eksperimenter d af, h ordan man kan f dem til at prod cere mere af de nskede sto er ed at d rke dem nder bestemte forhold f arierende l sintensitet, temperat r og n ringsstofni ea er. Det s arer lidt til, at det samme menneske kan bli e t kt eller t ndt alt efter, h ad det f r at spise. Algerne kan indeholde forskellige m ngder nskede sto er (f fedts rer) alt efter h ilke forhold de okser nder.

Stressede mikroalger danner fedtsyrer

En ern ringsm ssgit meget igtig gr ppe af sto er, som kan d indes af mikroalger, er er m ttede fedts rer, som f omega-3 og omega-6. Disse sto er er blandt dem, der rent faktisk prod ceres kommercielt ed hj lp af mikroalger i dag, og h or f not pisk manipulation

er taget i br g for ge koncentrationen i algerne. Fedts rerne kan br ges b de i d refoder og i kosttilsk d til mennesker og ligger derfor ca. midt i rdip ramiden. Det er dog n d endigt at g re sig klart, at ikke alle mikroalger prod cerer fedts rer i samme m ngder, s det er n d endigt at starte med at d lge den rigtige alge. Gr nalger (Chloroph ta) indeholder normalt forholds ist f fedts rer, mens rek lalger (Haptoph ta) og Cr ptoph ta er rige p fedts rer.

Mikroalgerne prod ktion af fedts rer er i rkeligheden et stress-respons. Under optimale kstforhold, h or mikroalgerne har tilstr kkeligt med n ringssto er til r dighed, il de prod cere mere biomasse med et forholds ist la t indhold af fedts rer. H is de mangler et n ringsstof, t pisk k lstof (N), kan de ikke prod cere mere biomasse, men il i stedet prod cere mere oplagsn ring i h er enkelt celle. Dette il normalt prim rt re sti else, men i en sit ation h or mikroalgerne ogs stresses af h je l sintensiteter, il de i stedet for sti else prod cere fedts rer. Det g r de, fordi fedts res ntesen forbr ger elektroner prod ceret i fotos ntesens l sproces, som ellers ille k nne gi e anledning til dannelsen af skadelige frie radikaler. Da energien fra fotos ntesen enten g r til kst eller til prod ktion af fedts rer, kan man alts ikke prod cere en stor m ngde biomasse h rtigt og samtidigt ha e et h jt



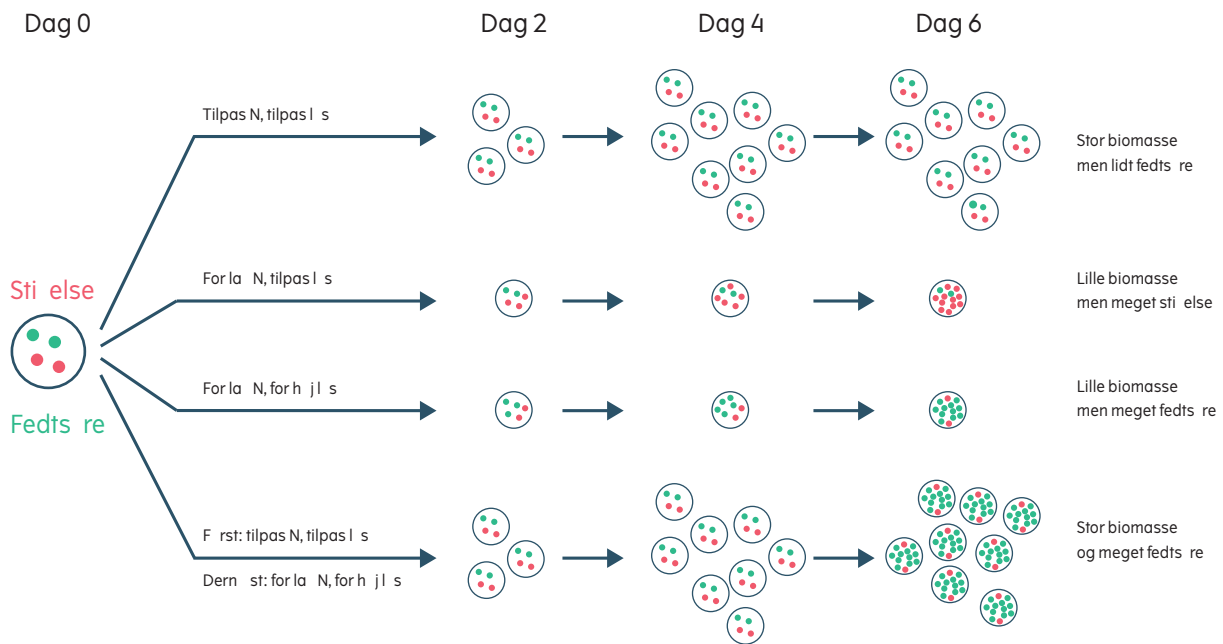


Fig 4: Mikroalgers produktion af stivelse og fedtsyre under forskellige dyrkningsforhold

fedtsyreindhold i biomassen. I stor-skala produktion fremstiller man derfor normalt en høj biomasse under optimale forhold, herefter man kan løse N-begrænsningen (N-begrænsning) biomassen, mens man samtidigt sænker den høje I-sintensitet (Fig 4).

Forskning på RUC

I vores arbejde med at udvikle en optimal algebiomasse til produktion af akvakulturfoder (skafoder) opnår vi de samme principper. Vores foderalge *Rhodomonas salina* udvikler de høje koncentrationer

af fedtsyre under N-begrænsning og høje I-sintensiteter. Desuden er ikke alle problemer løst med den ide. Det er også vigtigt, at algerne danner et højt indhold af essentielle aminosyre, hvis de skal bruges som foder. Men her viser det sig, at algen har det høje aminosyreindhold ved lave I-sintensiteter! Det betyder, at man er nødt til at tage et valg om man vil fremdrage alger med et højt indhold af fedtsyre eller med et højt indhold af aminosyre. I nogle tilfælde kan man optimere dyrkningsforholdene, så man får et nogenlunde højt indhold af begge ting på samme tid. Men det er langt fra sikkert, at det er muligt i alle tilfælde. Når man skal producere mikroalgebio-

masse med et højt indhold af de ønskede stoffer, kan man altså som regel komme langt uden at behøve at overveje genetisk manipulation, blot ved i stedet at regulere mikroalgernes vækstbetingelser, f.eks. temperatur eller tilgængelighed af næringsstoffer. Nogle kombinationer af vækstbetingelser virker dog forskelligt på forskellige grupper af stoffer, som eksemplet med fedtsyre og aminosyre viser. Så ved mikroalgedyrkning står man altså altid over for et stort forskningsmæssigt og optimeringsarbejde for at opnå den perfekte fede stressede mikroalge.

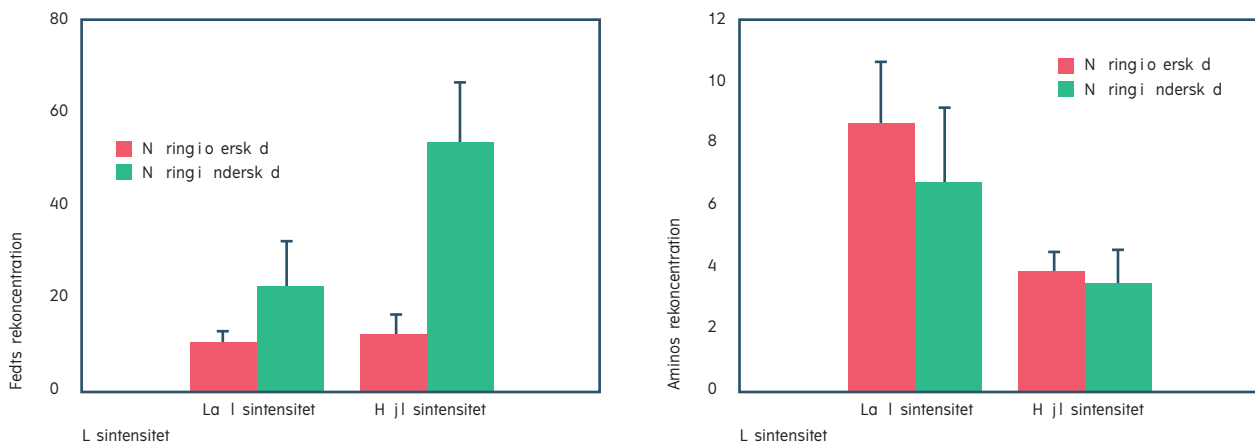


Fig 5: Produktion af fedtsyre (t) og essentielle aminosyre (th) hos algen *Rhodomonas salina* ved forskellig I-sintensitet og tilgængelighed af næringsstoffer

Du kan læse Environmental Biology på Roskilde Universitet

Her findes, at emnet her er spændende, så kan [Naturvidenskabelig Bachelor](#) være noget for dig. På Naturvidenskabelig Bachelor kan du finde [Environmental Biologi](#) i kombination med [Chemistr](#), [Molekylar Biolog](#), [Medicinalbiologi](#) eller [TekSam - Miljøplanlægning](#). Kandidatuddannelsen i [Environmental Science](#), [Bredt uddannelsesprogram \(TekSam\)](#) eller [Mathematical Bioscience](#) kan måske også have din interesse.

Sådan er studiet

På Roskilde Universitet er [Environmental Biologi](#) en del af den [Naturvidenskabelige Bachelor](#). Det første år er der tre net i centrale naturvidenskabelige teorier, metoder og modeller på høje niveauer. På andet og tredje år specialiserer du dig i to fag. Det giver dig et stærkt fundament og gør dig til en dygtig miljøbiolog, der samtidig kan tackle de naturvidenskabelige fag.

Environmental Biology kan læses i kombination med ét af flg. fag:

- Bioprocess Science
- Chemistr
- Computer Science (Dataologi)
- Fysik
- Phisik
- Geogra
- Mathematics
- Medicinalbiologi
- Molekylar Biolog
- TekSam-Miljøplanlægning

Læs mere om [Environmental Biologi](#) på ruc.dk/environmental-biologi-paa-roskilde-universitet

Kandidatuddannelsen i [Environmental Science](#), [Bredt uddannelsesprogram \(TekSam\)](#) eller [Mathematical Bioscience](#). Se mere på ruc.dk/kandidat/uddannelser

Sådan er din hverdag

Fra start til slut er du tæt på forskerne. Gennem dine projekt- og kursusarbejder er du dykket i naturvidenskabeligt og kan lære med til at skabe innovative løsninger på reel verdens problemer. Dit projektarbejde kan måske indgå som en del af et større forskningsprojekt, eller du kan samarbejde med eksterne virksomheder og organisationer, hvis du har lyst til det.

På hvert semester arbejder du halvdelen af tiden med kurser inden for det naturvidenskabelige område. Nogle kurser er obligatoriske og giver dig den nødvendige faglige ballast. Men der er også kurser, du selv vælger efter interesse. Den anden halvdel af tiden arbejder du med et projekt.

Projektarbejdsformen skaber dine egne til at analysere og samarbejde, og du kan samtidig forberede dig på det, du finder fagligt interessant. Karrieremæssigt leder du således til at mestre en række af de færdigheder, der er særligt efterspurgte aller mest; enten til at projektlede, samarbejde, kommunikere, netværke og løse komplekse problemer.

Kig



Åbent Hus



Uddannelse



Karriere

